

INTERNATIONAL PATENT OFFICE
WORLD ORGANIZATION FOR INTELLECTUAL PROPERTY
International patent published on
the basis of the Patent Cooperation Treaty
INTERNATIONAL PUBLICATION NO. WO 03/014713 A2

International Patent Classification¹: G 01 N 21/35

International Filing No.: PCT/EP02/09010

International Filing Date: August 12, 2002

International Publication Date: February 20, 2003

Language of Submission: German

Language of Publication: German

Priority

Date: August 10, 2001

Country: DE

No.: 101 38 302.9

Designated Contracting States (national): JP, US

Designated Contracting States (regional): European Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

Inventor and Inventor/Applicant (only for US):

Hermann Stahl [DE/DE]; Quellenweg 10, 63165 Mühlheim (DE) Dr. Dieter Baschant [DE/DE]; Kapenweg 16, 06786 Vockerode (DE) Dr. Heinz Gatzmanga [DE/DE]; Friedrichstrasse 38 d, 06366 Köthen (DE) Heinz Juppe [DE/DE]; August-Bebel-Platz 6, 06844 Dessau (DE)

Applicant (for all designated contracting States other than US): Kendro Laboratory Products GmbH, [DE/DE] Heraeusstrasse 12-14, 63450 Hanau (DE)

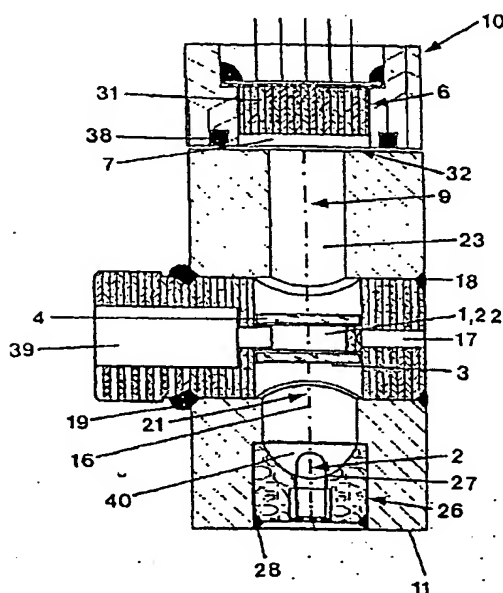
Agents: Friedrich Lang et al., Weber & Heim, Bavariaring 29, 80336 München (DE)

Published: -Without International Search Report; will be re-published after the report is received.

For an explanation of the two-letter codes and the other abbreviations, refer to the explanations ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") at the beginning of each regular edition of the PCT Gazette.

MEASURING DEVICE FOR DETERMINING THE CONCENTRATION OF GASES BY INFRARED ABSORPTION

Abstract:



(57) Abstract: The invention relates to a measuring device (10) for determining the concentration of gases by infrared absorption, comprising a radiation source (2) which is arranged, together with a radiation detector (6) disposed in the radiation path, inside a housing (11) which is sealed in a gas-tight manner in relation to the gas which is to be measured. At least one infrared permeable window is arranged in the radiation path between the radiation source (2) and the radiation detector (6). Said window seals the inside of the housing in relation to the gas which is to be measured. The radiation path is divided into at least three sections (21, 22, 23). The first section (21) is arranged between the radiation source (2) and a first infrared permeable window (3); the second section (22) is embodied in the form of a measuring section which has access to the gas and extends from the first infrared permeable window (3) to a second infrared permeable window (4); the third section (23) is disposed between the second infrared permeable window (4) and the radiation detector (6). The radiation detector (6) contains two detectors. The first is mounted in the form of a measuring detector and the other as a reference detector. The housing (11) of the measuring device has a thermal deformation resistance of up to at least 100 °C.

Messvorrichtung zur Konzentrationsbestimmung von Gasen durch IR-Absorption

Die Erfindung betrifft eine Messvorrichtung zur Konzentrationsbestimmung von Gasen durch Infrarot-Strahlungs-Absorption mit einer modulierbaren Strahlenquelle, die zusammen mit zwei im Strahlungsgang befindlichen Strahlungsdetektoren, von denen der eine als Messdetektor und der andere als Referenzdetektor geschaltet ist, in einem gegenüber dem zu messenden Gas gasdicht abgeschlossenen Inneren eines Gehäuses angeordnet ist, wobei sich im Strahlungsgang zwischen Strahlenquelle und Strahlungsdetektoren wenigstens für ein IR-Strahlung durchlässiges Fenster befindet, welches das Innere des Gehäuses gegenüber dem zu messenden Gas abschließt.

Der als „Infrarot“ bezeichnete Spektralbereich wird nachfolgend auch als „IR-Strahlung“ angegeben.

Aus der DE 197 13 928 C1 ist eine Messvorrichtung zur Konzentrationsbestimmung von Gasen durch IR-Absorption mit zwei gleichen Strahlungsquellen und zwei Strahlungsdetektoren bekannt, die trotz auftretender Verschmutzung oder Strahlungsabdeckung der äußeren den Gasen oder Gemischen von Gasen ausgesetzten optischen Flächen sowie möglicher mechanischer Dejustagen stabile Messwerte liefern kann. Dabei sind die beiden Strahlungsdetektoren mit jeweils einem optischen Konzentrador zur Strahlungsbündelung versehen und zusammen mit den beiden gleichen Strahlungsquellen und mit einem Strahlenteiler in einem gasdichten Gehäuse angeordnet, wobei die eine Strahlungsquelle durch ein IR-durchlässiges Fenster auf einen Planspiegel außerhalb des gasdichten Gehäuses ausgerichtet ist und der am Planspiegel reflektierte Strahlengang durch das IR-durchlässige Fenster auf den Strahlenteiler fällt. Somit wird sowohl die am Planspiegel reflektierte Strahlung der ersten Strahlungsquelle als auch die

der zweiten Strahlungsquelle auf beide Strahlungsdetektoren aufgeteilt, wobei der erste Strahlungsdetektor als Messdetektor und der zweite Strahlungsdetektor als Referenzdetektor dient.

Als problematisch ist der Einsatz solcher bekannter IR-Sensoren zur CO₂-Messung in Brutschränken anzusehen, da insbesondere Strahlenteiler, Interferenzfilter sowie der Sensorteil durch CO₂-Dampfgemisch im Falle der Sterilisation zerstört werden könnte. Darüber hinaus kann auch die IR-Strahlenquelle mit ihrem Reflektorsystem durch hohe Temperaturen – wie sie beispielsweise im Brutschrank bei Sterilisation entstehen – beschädigt werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen auf IR-Analyse basierenden CO₂-Gassensor zu schaffen, der die in der Sterilisationsphase vorhandenen hohen Temperaturen zwecks Desinfektion ohne Zerstörung der Messelektronik übersteht; weiterhin soll zur Realisierung einer schnellen Messung ein möglichst kleines CO₂-Volumen gemessen werden.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass der Strahlengang in wenigstens drei Teil-Strecken aufgeteilt ist, von denen die erste Strecke sich zwischen der Strahlenquelle und einem ersten IR-durchlässigen Fenster befindet, dass die zweite Strecke als dem Gas zugängliche Messstrecke ausgebildet ist und vom ersten IR-durchlässigen Fenster zu einem zweiten IR-durchlässigen Fenster reicht und dass die dritte Strecke sich zwischen dem zweiten IR-durchlässigen Fenster und den Strahlungsdetektoren befindet, wobei das Gehäuse eine Wärmeformbeständigkeit von bis zu wenigstens 100 °C aufweist.

Als besonders vorteilhaft erweist sich, dass der sterilisierbare Sensor einen verhältnismäßig geringen technischen Aufwand zur Herstellung und Wartung benötigt.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Ansprüchen 2 bis 11 angegeben.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung befindet sich im Strahlungsgang der Strahlenquelle wenigstens ein Strahlungsteiler; die eigentliche Mess-Strecke befindet sich in einer das Gehäuse nach außen abdichtenden Küvette, wobei die Wärmeformbeständigkeit bis zu einer Temperatur von wenigstens 100° C reicht. Die im Strahlengang der Mess-Strecke befindlichen Fenster bestehen aus Kalziumfluorid, als Werkstoff der Küvette ist (außerhalb der Fenster) Aluminium oder Messing vorgesehen.

In einer bevorzugten Ausführungsform befindet sich im abgeschlossenen Inneren des Gehäuses wenigstens ein Absorptionsmittel für Kohlendioxid.

Vorzugsweise ist eine einzige Strahlenquelle vorgesehen, die auf ihrer der Messung abgewandten Seite einen Reflektor aufweist. Die Strahlungsdetektoren sind zusammen mit dem Strahlungsteiler in einem das Innere des Gehäuses abdichtenden Detektor-Modul angeordnet, der mit dem Gehäuse lösbar verbunden ist.

Die Strahlenquelle ist in einem das Innere des Gehäuses abdichtenden Teilmodul aus Aluminium angeordnet, welche eine Ausnehmung in Form eines Rotationsellipsoids zur Bildung eines Reflektors aufweist.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung besteht die Messvorrichtung aus einer modulierbaren IR-Strahlungsquelle, einem Reflektor, einer durch zwei IR-durchlässige Fenster abgeschlossenen Küvette als Messkammer, die mit einem durch Hochtemperatur sterilisierbaren Messraum verbunden ist, der das zu messende Gas aufweist. Zur Gewinnung eines Messstrahls mit der Messwellenlänge und zur Gewinnung eines Referenzstrahls mit der Referenzwellenlänge sind Strahlungsdetektoren mit vorgelagerten optischen Filtern zur Wandlung der Strahlungsleistung des Mess- und Referenzstrahls in elektrische Signale vorgesehen. Die von den Detektoren abgegebenen Signale werden einer Auswerteschaltung zur Ermittlung der Konzentration der zu messenden Gaskomponente zugeführt, wobei vorzugsweise die Differenz und/oder der Quotient der Mess- und Referenzstrahlungsleistung gebildet wird. Dabei sind Küvette, Strahlungsquelle, Reflektor sowie die Filter zur Gewinnung des Mess- und Referenzstrahls und die Detektoren zur Messung der Strahlungsleistung des Mess- und Referenzstrahls in einem gasdicht abgeschlossenen Gehäuse derart angeordnet, dass eine wiederholte Erhitzung und/oder Dampfsterilisation des Messraumes keine Schädigung von Reflektor, Strahler, sowie von Strahlführungsmitteln, Filtern bzw. Selektionsmittel und Detektoren hervorruft und dadurch eine langzeitstabile Gaskonzentrationsmessung ermöglicht wird.

Das Messvolumen ist im Verhältnis zum Sensorvolumen klein, wobei das Fenstermaterial und Messkammermaterial hinsichtlich ihrer thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufeinander abgestimmt sind, so dass thermische Belastungen die Dichtheit der Messkammer nicht beeinträchtigen.

Zwischen der Messkammer und Strahlungsquelle mit Reflektor sowie zwischen der Messkammer und den Mitteln zur Filterung und Gewinnung des Mess- und Referenzstrahls sowie zur

Messung der Strahlungsleistung des Mess- und Referenzstrahls ist ein solcher Abstand und ein solches Material vorhanden, dass die thermische Belastung während der Sterilisation nicht zur Beeinträchtigung der optischen Eigenschaften der Strahlungsquelle, des Reflektors sowie der Mittel zur Filterung bzw. Gewinnung des Mess- und Referenzstrahls und zur Messung der Strahlungsleistung des Mess- und Referenzstrahls führt.

Das Verhältnis der Länge der Mess-Strecke zur Länge der im Inneren des Gehäuses geführten Teil-Strecken des Strahlenganges liegt im Bereich von 1:4 bis 1:10.

Der Strahlengang zwischen Strahlungsquelle und Strahlungsempfänger ist gegen die Messkammer und gegen die Umgebung derart abgedichtet, dass der Strahlengang nahezu messgasfrei ist. Dabei steht das im Strahlengang – außerhalb der Küvette – vorhandene Gas in Kontakt zu einem Gasraum, in dem sich ein Absorptionsmittel für die zu messende Gaskomponente befindet, so dass die Messgasfreiheit des Strahlenganges langfristig stabil gewährleistet wird.

Es ist weiterhin möglich, die erste und dritte Teilstrecke des Strahlenganges in jeweils für sich abgeschlossenen Innenräumen des Gehäuses vorzusehen. In einem solchen Fall wird vorzugsweise jeder der beiden Innenräume mit einem Absorptionsmittel für die zu messende Gaskomponente (CO_2) ausgestattet.

Weiterhin sind Heizmittel vorhanden, um die Temperatur der Messkammer anzuheben und so einer Kondensation in der Messkammer vorzubeugen, wobei das Gehäuse, welches Strahler, Messkammer und Detektoren umgibt, eine Wärmeformbeständigkeit bis zu wenigstens 100°C aufweist.

Im folgenden ist der Gegenstand der Erfindung anhand der Figuren 1 und 2 näher erläutert.

Figur 1 zeigt im Längsschnitt eine Messvorrichtung mit einer das Messgas enthaltenden Küvette, welche sich im Strahlengang zwischen einer IR-Strahlungsquelle (Temperaturstrahler) und einer Sensorvorrichtung mit vorgelagerten Filtern befindet;

Figur 2 zeigt die in der Messvorrichtung angeordnete Küvette im Querschnitt, wobei ebenfalls der Strahlengang zwischen Strahlenquelle und Sensor erkennbar ist. Darüber hinaus ist auch ein eigener Raum für ein Absorptionsmittel zur Absorption der zu messenden Gaskomponente erkennbar.

Gemäß Figur 1 befindet sich eine das Messgas, insbesondere Kohlendioxid, enthaltende Messküvette 1 im Strahlengang zwischen einer IR-Strahlenquelle 2 und einem IR-Detektor 6, in einer Messvorrichtung 10; aus der modulierten IR-Strahlenquelle 2 tritt Strahlung nach Durchlaufen einer ersten Teilstrecke 21 durch ein erstes IR-durchlässiges Fenster 3 in das Innere von Küvette 1 ein und nach Durchlaufen der Messstrecke als Teilstrecke 22 in der Küvette 1 tritt sie über ein zweites IR-durchlässiges Fenster 4 der Küvette 1 heraus. Die Strahlung durchläuft dann eine vorgegebene Teilstrecke 23, bis sie zu einem IR-Detektor 6 mit vorgeschaltetem Filtersystem 7 gelangt. Sowohl zwischen der IR-Strahlenquelle 2 und dem ersten IR-durchlässigen Fenster 3 als auch zwischen dem zweiten IR-durchlässigen Fenster 4 und dem Filtersystem 7 des IR-Detektors sind die Teilstrecken 21, 23 jeweils als freie Strecken vorgesehen, die sich innerhalb eines abgeschlossenen Innenraumes 9 der Messvorrichtung 10 befinden.

Der hermetisch dicht abgeschlossene Innenraum 9 der Messvorrichtung 10 weist gemäß Figur 2 Absorptionsmittel in einem Reservoir 12 auf, welche den CO_2 -Gehalt des Messgases im Innenraum 9 stark herabsetzen, so dass eine CO_2 -Gehaltsmessung in der Küvette 1 keinesfalls durch weitere CO_2 -Anteile in der Atmosphäre von Innenraum 9 gestört werden kann.

Die Abstände zwischen Messküvette 1 und IR-Strahlenquelle 2 als Teilstrecke 21 sowie zwischen Küvette 1 und Filtersystem 7 als Teilstrecke 23 sind so groß gewählt, dass beim Einsatz einer solchen Messvorrichtung in einem Brutschrank auch eine thermische Entkoppelung zwischen dem Inneren der Küvette 1 und der Strahlungsquelle 2 bzw. dem Detektor 6 mit Filtersystem 7 bei Desinfektionsverfahren im Bereich von ca. 100 °C ohne Beschädigung von optischen bzw. elektronischen Komponenten möglich ist.

Die optische Achse des von der IR-Strahlenquelle 2 ausgehenden Strahlenganges mit seinen Teilstrecken 21, 22, 23 ist mit 16 bezeichnet.

Das die Küvette 1 teilweise umfassende und den Innenraum 9 abschließende Gehäuse 11 der Messvorrichtung 10 besteht aus Kunststoff, vorzugsweise aus Polyethylentetraphtalat; es ist jedoch auch möglich einen anderen thermisch stabilen Kunststoff einzusetzen.

Die Strahlenquelle 2 ist gemäß Figur 1 und 2 in einem eigenständigen, rotationssymmetrischen Reflektormodul 26 aus wärmebeständigem Metall angeordnet, wobei ein thermischer Strahler als IR-Strahlenquelle dient. Der Modul 26 ist während des Betriebes mit dem Gehäuse 11 me-

chanisch fest und gasdicht verbunden. Auf der der Küvette 1 abgewandten Seite der Strahlenquelle 2 ist ein Reflektor 27 in einem konkav ausgebildeten Raum 40 des zylindersymmetrisch ausgebildeten Moduls 26 vorgesehen; vorteilhafterweise ist der konkave Raum 40 als Teil eines hohlen Rotationsellipsoiden im Modul 26 ausgebildet. In einer vorteilhaften Ausgestaltung weist der Reflektor 27 keine Beschichtung auf.

Die Strahlenquelle 2 sendet IR-Strahlung sowohl in dem durch CO₂-Absorption betroffenen Wellenlängenbereich von 4,2 µm bis 4,46 µm als auch in einem durch CO₂-Absorption nicht betroffenen Spektralbereich - beispielsweise von 3,9 µm bis 4,0 µm - aus; in dem von der CO₂-Absorption nicht betroffenen Wellenlängenbereich findet eine Referenzmessung statt.

Gegenüber dem Gehäuse 11 ist der Reflektormodul 26 mittels eines umlaufenden O-Ringes 28 abgedichtet, wobei er im Falle eines Strahlerdefekts auf einfache Weise durch Schrauben gelöst und gegen ein Ersatzmodul ausgetauscht werden kann.

Der IR-Detektor 6 ist ebenfalls in einem austauschbaren, eigenständigen Modul 31 angeordnet, welcher mit seiner Stirnseite 32 den abgeschlossenen Innenraum 9 abdichtet; wobei die Dichtung durch einen umlaufenden O-Ring 38 erfolgt.

Im Bereich der Stirnseite 32 von Detektormodul 31 sind wenigstens zwei Interferenzfilter 33, 34 angeordnet, von denen ein erstes Filter 33 eine hohe Transmission nur für den durch CO₂-Absorption betroffenen Spektralbereich aufweist, während ein zweites Filter 34 eine hohe Transmission nur für einen außerhalb des von CO₂-Absorption betroffenen Spektralbereiches aufweist.

Die beiden Filter 33, 34 sind jeweils einem unterschiedlich positionierten Detektorbereich 35, 36 vorgeschaltet, welche der Intensität der jeweiligen Strahlung (d. h. Mess- und Referenzstrahlung) entsprechende elektrische Signale erzeugen, die einer hier nicht dargestellten Auswerteeinheit zugeführt werden.

Wie Figur 1 zu entnehmen ist, weist die Küvette 1 an ihrem dem CO₂-Eintritt 39 abgewandten Ende einer Heizvorrichtung 17 auf, welche das Messvolumen soweit aufheizt, dass eine Kondensation in der Messkammer von Küvette 1 verhindert wird. Die Abdichtung der Messküvette 1 gegenüber dem Gehäuse 10 der Messvorrichtung erfolgt durch umlaufende O-Ringe 18, 19, deren Wärmeausdehnungskoeffizient den Materialeigenschaften von Küvette und Gehäuse der

Messvorrichtung angepasst ist. Weiterhin ist erkennbar, dass der IR-Detektor 6 mit Filtersystem 7 über eine umlaufende Silikonabdichtung 38 an das Gehäuse 11 der Messvorrichtung mechanisch fest angeschlossen ist. Die im Bereich von Küvette 1 befindlichen Dichtungen sind dabei hochtemperaturbeständig, während die Dichtungen 28, 38 im Bereich der IR-Strahlenquelle 2 bzw. des IR-Detektors 6 eine gute Temperaturverträglichkeit aufweisen, so dass sie bei der Dampfsterilisation im Bereich von ca. 100° aufgrund ihrer Abstände bzw. Teilstrecken 21, 23 zur Küvette 1 einer niedrigeren Temperaturbelastung ausgesetzt werden, als die der Messküvette 1 benachbart angeordneten Dichtungen 18, 19.

In einer besonders vorteilhaften Ausführung können eine oder mehrere der Dichtungen durch Zusammenkleben der Teile ersetzt werden.

Das Filtersystem 7 besteht aus Interferenzfiltern 33, 34, von denen ein erstes nur die Messwellenlänge im Absorptionsspektrum von CO₂ durchlässt, während ein zweites Interferenzfilter 34 nur zur Selektion der Referenzwellenlänge vorgesehen ist.

Die Messvorrichtung 10 zur Konzentrationsbestimmung von Gasen durch die Infrarotabsorption ist mit Wasserdampf sterilisierbar, ohne dass der Sensor den Betriebszustand ändert und eine Neueichung des Gerätes erforderlich ist. Die Messküvette 1 wird so weit aufgeheizt, dass die Messkammer stets um mehr als 4 Kelvin wärmer als die Umgebung oder die Sterilisationstemperatur ist.

Um die Wärmeübertragung zum Detektormodul 31 und zum thermischen Strahler 2, die an den Enden der Messvorrichtung angeordnet sind, zu senken, sind diese gegenüber der Messküvette 1 durch einen mit einem Inertgas gefüllten Hohlraum jeweils getrennt, der aus einem schlecht wärmeleitenden Material geschaffen ist. Aufgrund dieser Anordnung ist gewährleistet, dass an der Messküvette 1 immer die höchste Temperatur entsteht und eine Wasserkondensation an anderen Teilen in dem Brutschrank erfolgt. Wegen niedriger Wärmeübertragungsfaktoren zum Detektormodul 31 und deren Mess- bzw. Referenzdetektor 35, 36 sowie zum thermischen Strahler 2 werden vorgegebene Grenztemperaturen nicht überschritten. Die Materialien sind insgesamt nach ihren Wärmeausdehnungskoeffizienten ausgewählt.

Eine thermische Isolierung der Sensoren entsteht auch aufgrund eines Hohlraums zwischen den Detektorbereichen 35, 36 und dem abschließenden Gehäuse 11 mit dem Strahlengang 22.

PATENTANSPRÜCHE

1. Messvorrichtung zur Konzentrationsbestimmung von Gasen durch Infrarotabsorption mit einer modulierbaren Strahlenquelle, die zusammen mit zwei im Strahlungsgang befindlichen Strahlungsdetektoren, von denen der eine als Messdetektor und der andere als Referenzdetektor geschaltet ist, in einem gegenüber zu messenden Gas gasdicht abgeschlossenen Inneren eines Gehäuses angeordnet ist, wobei sich im Strahlengang zwischen Strahlenquelle und Strahlungsdetektoren wenigstens ein infrarotdurchlässiges Fenster befindet, welches das Innere des Gehäuses gegenüber dem zu messenden Gas abschließt, dadurch gekennzeichnet, dass der Strahlengang in wenigstens drei Teil-Strecken (21, 22, 23) aufgeteilt ist, von denen die erste Strecke (21) sich zwischen der Strahlenquelle (2) und einem ersten infrarotdurchlässigen Fenster (3) befindet, dass die zweite Strecke (22) als dem Gas zugängliche Mess-Strecke ausgebildet ist und vom ersten infrarotdurchlässigen Fenster (3) zu einem zweiten infrarotdurchlässigen Fenster (4) reicht und dass die dritte Strecke (23) sich zwischen dem zweiten infrarotdurchlässigen Fenster (4) und den Strahlungsdetektoren befindet, wobei das Gehäuse (11) eine Wärmeformbeständigkeit von bis zu wenigstens 100 °C aufweist.
2. Messvorrichtung zur Konzentrationsbestimmung von Gasen durch Infrarotabsorption in einem Brutschrank mit einer Strahlenquelle und zwei im Strahlungsgang befindlichen Strahlungsdetektoren, wovon einer ein Messdetektor und der andere ein Referenzdetektor ist und mit einem gegenüber dem zu messenden Gas gasdicht abgeschlossenen Gehäuse (11), dadurch gekennzeichnet, dass eine Messküvette (1) mit einer Heizvorrichtung (17) zur Beheizung einer Messkammer angeordnet ist.

3. Messvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass sich im Strahlungsgang der Strahlenquelle (2) wenigstens ein Strahlungsteiler befindet.
4. Messvorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass sich die Mess-Strecke (22) in einer das Gehäuse (11) nach außen abdichtenden Messküvette befindet, deren Wärmeformbeständigkeit bis zu einer Temperatur von wenigstens 100 ° C reicht.
5. Messvorrichtung nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die im Strahlungsgang der Mess-Strecke (22) befindlichen Fenster (3,4) aus Kalziumfluorid bestehen.
6. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Werkstoff der Küvette (1) außerhalb der Fenster Aluminium oder Messing eingesetzt ist.
7. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass sich eine erste und eine dritte Teilstrecke (21, 23) des Strahlungsganges in jeweils für sich abgeschlossenen Innenräumen des Gehäuses (11) befinden.
8. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass sich im abgeschlossenen inneren des Gehäuses (11) wenigstens ein Absorptionsmittel für Kohlendioxid befindet.
9. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Verhältnis der Länge der Mess-Strecke (22) zur Länge der im Inneren des Gehäuses

geführten Teil-Strecken (21, 23) des Strahlenganges im Bereich von 1:4 bis 1:10 liegt.

10. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine einzige Strahlenquelle (2) vorgesehen ist, die auf ihrer der Messung abgewandten Seite einen Reflektor (27) aufweist.
11. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Strahlungsdetektoren zusammen mit dem Strahlungsteiler in einem das Innere des Gehäuses (11) abdichtenden Detektor-Modul (31) angeordnet sind, der mit dem Gehäuse lösbar verbunden ist.
12. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Strahlenquelle (2) in einem das Innere des Gehäuses abdichtenden Teilmodul aus Aluminium angeordnet ist, welche eine Ausnehmung in Form eines Rotationsellipsoids zur Bildung eines Reflektors (27) aufweist.